



Załącznik nr 2 do Standardu technicznego nr 30/2018
dla warunków budowy elektroenergetycznych linii
kablowych WN wraz z kablami i osprzętem
na terenie TAURON Dystrybucja S.A.
(wersja druga).

Wytyczne projektowania elektroenergetycznych
linii kablowych WN.

Kraków, lipiec 2021 r.

Spis treści

1. Zasady doboru żyły roboczej pod kątem obciążalności.	3
2. Zasady doboru żyły roboczej i żyły powrotnej pod kątem skutków zwarć.	3
3. Sposób budowy przepustów kablowych.	3
4. Wyprowadzanie kabli na słupy, sposób montażu głowic, ochrona przepięciowa.	4
5. Wymagania dotyczące dokumentacji.....	5
6. Normalizacja przekroju żyły roboczej i powrotnej.	6
7. Przykłady skrzyżowań linii kablowej WN.	7
8. Przykładowe „Tabele montażowe dla linii kablowej WN”.	8

1. Zasady doboru żyły roboczej pod kątem obciążalności.

Obciążalność dopuszczalną kabli WN należy dobierać na maksymalną dopuszczalną długotrwale temperaturę pracy o wartości 90 °C. Przy doborze kabli do wymaganej obciążalności prądowej należy uwzględniać:

- nagrzewanie kabla w trakcie pracy,
- oddziaływanie na kabel jednożyłowy pozostałych dwóch kabli linii kablowej,
- ewentualne oddziaływanie na kabel równolegle ułożonych innych linii kablowych,
- oddziaływanie na kabel ułożonych w ziemi innych źródeł ciepła.
- sposób ułożenia kabli,
- głębokość ułożenia kabla,
- materiał zastosowany do wypełniania rowu kablowego,
- materiał zastosowany do wypełniania rowu przepustów kablowych.

O obciążalności całej linii kablowej decyduje odcinek kabla, który ma najmniejszą obciążalność prądową.

2. Zasady doboru żyły roboczej i żyły powrotnej pod kątem skutków zwarc.

2.1 Elektroenergetyczna linia kablowa 110 kV powinna być zaprojektowana i zbudowana w taki sposób, aby wytrzymywać bez uszkodzeń mechaniczne i termiczne efekty działania prądów zwarciovych.

2.2 Przy maksymalnej temperaturze podczas zwarcia dla żył roboczych, powrotnych i ECC oraz przy nagrzewaniu bez strat energii, do projektowania należy przyjmować następujące min. obciążalności zwarciove jednosekundowe:

- żyły robocze miedziane kabli z izolacją XLPE przy ($T_i = 90\text{ °C}$, $T_f = 250\text{ °C}$) – 143 A/mm²,
- żyły robocze aluminiowe kabli z izolacją XLPE przy ($T_i = 90\text{ °C}$, $T_f = 250\text{ °C}$) – 94,5 A/mm²,
- żyły powrotne miedziane kabli z izolacją XLPE przy ($T_i = 80\text{ °C}$, $T_f = 350\text{ °C}$) – 203 A/mm²,
- kable ECC żyły miedziane z izolacją XLPE przy ($T_i = 60\text{ °C}$, $T_f = 250\text{ °C}$) – 159 A/mm²,
- kable ECC żyły aluminiowe z izolacją XLPE przy ($T_i = 60\text{ °C}$, $T_f = 250\text{ °C}$) – 105 A/mm²,
- kable ECC żyły aluminiowe z izolacją polwinitową i PCV przy ($T_i = 60\text{ °C}$, $T_f = 160\text{ °C}$) – 80,8 A/mm².

Wartość czasu trwania zwarcia dla przewodów roboczych i żyły powrotnej należy przyjmować dla rzeczywistych czasów zwarc, lecz nie mniej niż o wartości 0,6 sekundy.

3. Sposób budowy przepustów kablowych.

W przypadku, gdy trasa linii kablowej krzyżuje się z: drogą, linią kolejową lub inną przeszkodą terenową gdzie nie możliwe jest stosowanie wykopów należy stosować przeciski lub przewierty sterowane, pozwalające na precyzyjne wprowadzenie rur ochronnych i omijanie przeszkód terenowych.

Wprowadzone rury przepustów o długości do 10 m po wciągnięciu do nich kabli można pozostawić puste, ale zabezpieczone przed zamulaniem poprzez zastosowanie dławic czopowych. Dłuższe przepusty kablowe należy wypełniać płuczką bentonitową, a końcówki

przepustów należy uszczelnić za pomocą masy uszczelniającej lub rurami termokurczliwymi do obkurczania końcówki przepustu.

W zależności od miejsca ułożenia przepustu należy stosować rury ochronne zapewniające odpowiednią ochronę mechaniczną linii kablowych układanych w ziemi, w miejscach bez obciążeń transportowych min. 450 N, a w miejscach z obciążeniami transportowymi min. 750 N.

W przepustach należy stosować oddzielne rury osłonowe dla każdej żyły linii kablowej, o średnicy wewnętrznej min. 1,5 średnicy zewnętrznej kabla jednak nie mniejszej niż 160 mm, dla kabli ECC należy stosować rury osłonowe o średnicy zewnętrznej min. 100 mm, rury te powinny być koloru czerwonego wyprodukowane z polietylen wysokiej gęstości HDPE.

Kabel światłowodowy na całej długości należy prowadzić z wykorzystaniem kanalizacji wykonanej z rur wewnątrz gładkościennych wyprodukowanych z polietylen wysokiej gęstości HDPE. W sytuacjach typowych należy stosować rury do kanalizacji wtórnej o średnicy zewnętrznej 40 lub 32 mm. W przypadku zbliżeń i skrzyżowań z inną infrastrukturą lub drogami, dodatkowo należy stosować kanalizację pierwotną o średnicy zewnętrznej 110 mm.

4. Wyprowadzanie kabli na słupy, sposób montażu głowic, ochrona przepięciowa.

4.1 Wprowadzania kabli WN na słupy.

Przy wykonywaniu połączeń linii kablowej 110 kV z linią napowietrzną, linę kablową należy zakończyć głowicą, którą należy zabudować na specjalnej konstrukcji wsporczej umocowanej do słupa. Sama głowica powinna być umocowana na izolatorach wsporczych, aby żyły powrotne izolowanymi kablami mogły być połączone z beziskiernikowymi ogranicznikami przepięć, chroniącymi powłokę kabli od przepięć. Skrzynka z ogranicznikami przepięć powinna być zabudowana możliwie blisko głowicy kablowej. Wytrzymałość przepięciowa powłoki kabla i napięcie znamionowe ograniczników przepięć powinny być wyższe od obliczonego napięcia indukowanego w żyłach powrotnych przy największym prądzie zwarcia. Z drugiej strony linii kablowej WN żyły powrotne należy podłączyć do zacisku na konstrukcji słupa za pomocą giętkiej linki miedzianej. Powyższy sposób połączenia należy stosować dla układu żył powrotnych jednostronnie uziemionych, dla linii kablowych o długości do ok. 1000 m.

Dla dłuższych linii kablowych należy stosować przeplatanie żył powrotnych, co 1/3 długości kabla za pomocą muf crossbondingowych oraz ograniczniki przepięć w miejscach krzyżowań.

4.2 Dobór ograniczników przepięć do ochrony izolacji głównej kabli 110 kV.

Ochronę linii kablowej WN przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi należy realizować przy pomocy beziskiernikowych ograniczników przepięć, które należy dobierać na podstawie następujących parametrów:

- przeznaczenie ogranicznika – SL (stacyjne),
- napięcie trwałej pracy ogranicznika $U_c = 77$ kV,
- znamionowe napięcie ogranicznika $U_r = 96$ kV,
- graniczny prąd wyładowczy $4/10\mu s - 100$ kA,
- znamionowy prąd wyładowczy (wartość szczytowa o kształcie $8/20 \mu s/\mu s$) $I_{wn} = 10$ kA,

- wartość powtarzalnie przenoszonego ładunku (Q_{rs}) – $\geq 1,0$ C,
- znamionowa wartość energii cieplnej (W_{th}) – $\geq 4,0$ kJ/kV,
- wytrzymałość zwarciova ogranicznika i jego połączeń – nie mniejsza niż 40 kA,
- osłony izolacyjne dostosowane do warunków zabrudzeniowych III strefy.

4.3 Dobór ograniczników przepięć SN do ochrony powłoki zewnętrznej kabli 110 kV

Ochronę powłok zewnętrznych przed nadmiernym wzrostem napięcia spowodowanym warunkami zwarciovymi należy chronić ogranicznikami przepięć SN montowanych w skrzynkach uziemiających lub crossbondingowych.

Podstawowe parametry ograniczników SN:

- przeznaczenie ogranicznika – HD (dystrybucyjne),
- napięcie znamionowe U_r – obliczone przez projektanta,
- znamionowy prąd wyładowczy 8/20 μ s – 10 kA,
- graniczny prąd wyładowczy (4/10 μ s) – 100 kA,
- wytrzymałość zwarciova ≥ 16 kA,
- znamionowa wartość przenoszonego ładunku cieplnego (Q_{th}) – $\geq 1,1$ C,
- wartość powtarzalnie przenoszonego ładunku (Q_{rs}) – $\geq 0,4$ C,
- wewnętrzne wyładowania niezupełne – ≤ 10 pC.

4.4 Wymagania jakościowe.

Dla potwierdzenia wymagań jakościowych, dostawcy dla oferowanych ograniczników przepięć WN, a także dla ograniczników przepięć SN, powinni przedstawić Certyfikaty zgodności z normą PN-EN 60099-4: 2015 r. w zakresie badań typu. Certyfikaty te powinny być wydane przez Jednostkę oceniającą zgodność (Certyfikacja Wyrobów – symbol AC), która posiada odpowiedni zakres akredytacji wydany przez krajową jednostkę akredytującą, np. Polskie Centrum Akredytacji.

5. Wymagania dotyczące dokumentacji.

Realizacja inwestycji, w zakresie budowy elektroenergetycznych linii kablowych, najczęściej wymaga opracowania następujących dokumentów:

- Studium Wykonalności,
- Projektu Budowlanego,
- Programu Funkcjonalno – Użytkowego,
- Wytocznych Realizacji Inwestycji,
- Projektu Wykonawczego,
- Dokumentacji Powykonawczej.

Wymóg opracowania wszystkich ww. dokumentów dla każdej inwestycji nie jest obligatoryjny. W zależności od złożoności planowanej inwestycji liniowej może wystąpić potrzeba opracowania wszystkich dokumentów lub tylko niektórych z nich.

6. Wyznaczanie siły ciągnięcia kabli.

Po wyznaczeniu trasy i miejsc łączenia odcinków kabli na etapie opracowywania projektu wykonawczego, należy dla każdego z odcinków linii kablowej wykonać obliczenie spodziewanych sił koniecznych do przeciągnięcia kabli w trasie i w przypadku wyników przekraczających wielkości dopuszczalne, dokonać korekt profili zakrętów, długości przepustów lub długości odcinków. Obliczyć należy także siły docisku kabla do rolek narożnych i określić minimalnej liczby rolek.

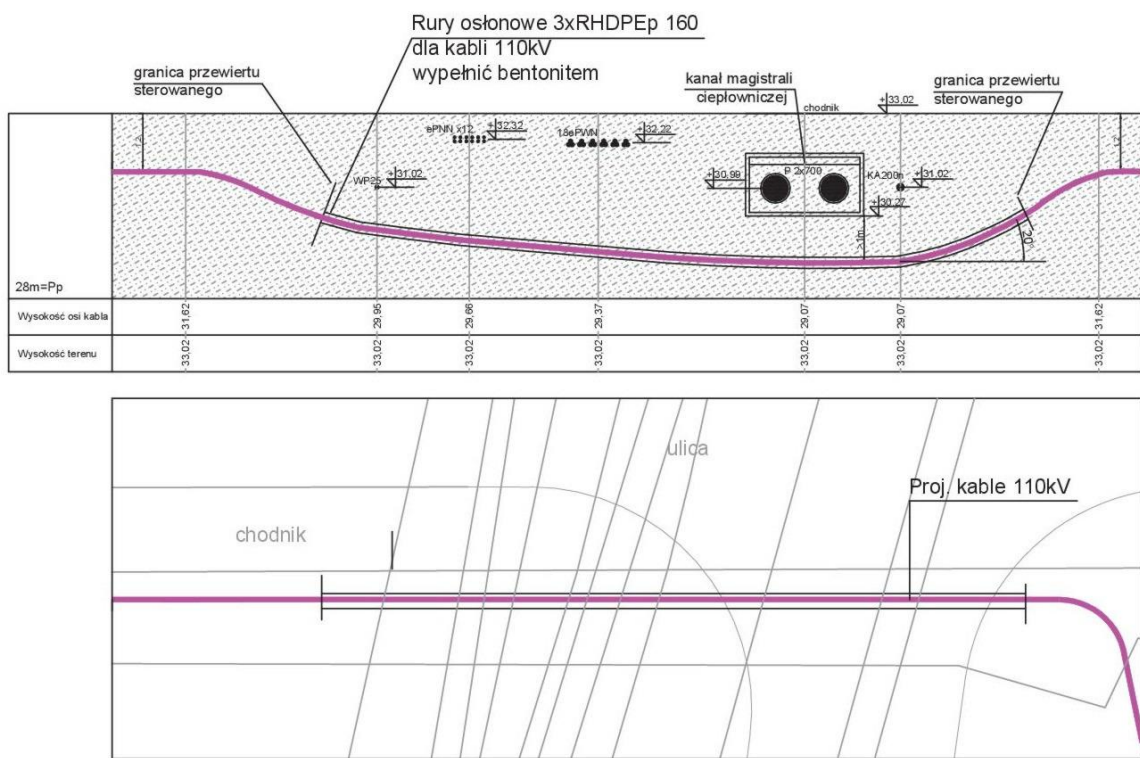
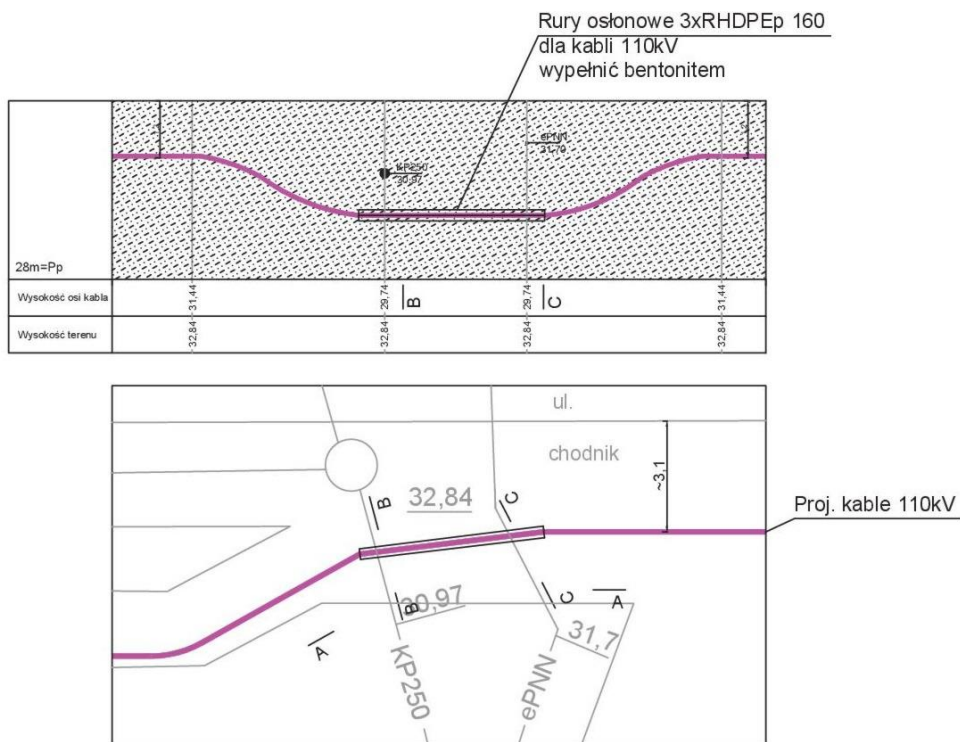
Obliczenia należy przeprowadzić zakładając, że wciągarka kablowa będzie ustawiona przy końcu tego odcinka linii, na którym ma się znajdować mniej załomów oraz załomy o mniejszych kątach.

Wykonawca linii kablowej WN przed przystąpieniem do ciągnięcia kabli, powinien sprawdzić wyliczone przez projektanta wartość sił jakie wystąpią przy ciągnięciu poszczególnych odcinków kabli i wprowadzić dla nich ewentualne korekty.

7. Normalizacja przekroju żyły roboczej i powrotnej.

- 7.1 Należy stosować kable o izolacji XPLE z żyłą roboczą wykonaną z miedzi lub aluminium i z żyłą powrotną z miedzianych, o następujących powierzchniach przekroju żyły roboczej z miedzi: 1000RMC 1200RMS, 1400RMS, 1600RMS, 1800RMS, 2000RMS i 2500RMS mm², z aluminium: 1400RMS, 1600RMS, 1800RMS, 2000RMS, 2500RMS mm² i 3000RMS mm².
- 7.2 Żyłę powrotną należy dobrać do warunków zwarciovych linii kablowej, minimalny przekrój żyły powrotnej to 95 mm².

8. Przykłady skrzyżowań linii kablowej WN.



Przekroje skrzyżowań linii kablowej – przykłady.

9. Przykładowe „Tabele montażowe dla linii kablowej WN”.

Lp.	Wyszczególnienie	Producent nr rysunku,	Jedn.	Ilość	Masa [kg]		Uwagi
					Jedn.	całk.	
1	Kabel elektroenergetyczny 110 kV 64/110 (123) kV, jednożyłowy w izolacji XLPE uszczelniony wzdłużnie i poprzecznie						
1.1	Odcinek I typu 3 x XRUHKXS-WTC-1T4FM 1x1000RMC/95 mm ² o dł. m	-	m	☐	☐	☐	Długość trasy: m
1.2	Odcinek II typu 3 x XRUHKXS-WTC-1T4FM 1x1000RMC/95 mm ² o dł. m		m	☐	☐	☐	Długość trasy: m
1.3	Odcinek III typu 3 x XRUHKXS-WTC-1T4FM 1x1000RMC/95 mm ² o dł. m		m	☐	☐	☐	Długość trasy: m
2	Ułożenie kabla na trasie						
2.1	W wykopie otwartym (3 x m)	-	m	☐	☐	☐	
2.2	W rurach ochronnych ułożonych w wykopie otwartym (3 x m)	-	m	☐	☐	☐	
2.3	W rurach ochronnych ułożonych przeciskiem mechanicznym (3 x m)	-	m	☐	☐	☐	
2.4	W rurach ochronnych ułożonych przewiertem sterowanym (3 x m)	-	m	☐	☐	☐	
2.5	Na słupie kablowym (3 x m)	-	m	☐	☐	☐	
3	Osprzęt						
3.1	Głowica kablowa 110 kV	-	szt.	6	☐	☐	
3.2	Mufa cross-bonding	-	szt.	6	☐	☐	
3.3	Skrzynka link box	-	szt.	2	☐	☐	(crossbonding)
3.4	Ogranicznik przepięć 110 kV	-	szt.	6	☐	☐	
3.5	Licznik zadziałań	-	szt.	6	☐	☐	
3.6	Ogranicznik przepięć 1 – 3,6 kV	-	szt.	6	☐	☐	
3.7	Przewód LgYcyw 1 x 95 mm ² 3,6/6 kV	-	m	☐	☐	☐	do wyk. połączeń i uziemienia żył powrotnych przy mufach
3.8	Uziom do skrzynki cross-bonding	-	kpl.	2	☐	☐	
3.8.1	Bednarka stalowa ocynkowana 30x4	-	m	30	☐	☐	Materiały uziomu skrzynki crossbondingo wej - 1 kpl.
3.8.2	Pręt uziomu stalowy ocynkowany Ø 16 dł. 9,0 m z uchwytem krzyżowym	-	szt.	2	☐	☐	
3.8.3	Uchwyt krzyżowy	-	szt.	1	☐	☐	
3.8.4	Śruba ocynkowana M12x40+N+PO+PS	-	szt.	14	☐	☐	
3.9	Linka 95 mm ²		m	☐	☐	☐	

3.10	Końcówka oczkowa KOR 95/12	-	szt.	☐	☐	☐	do wykonania połączeń uziemień głowic kablowych, ogr. przepięć, liczników zadziałań
3.11	Zacisk Al-Cu kątowy (45°) na sworzeń ☐ 40 i przew. AFL-6 240 do głowic kabl.	-	szt.	6	☐	☐	do głowic kablowych
3.12	Uchwyt kablowy o zwiększonej wytrzymałości np. SILUMIN, LSW	-	szt.	12	☐	☐	do mocowania kabli 110 kV na konstrukcjach kablowych (jako 2 pierwsze uchwyty przy głowicy)
4	Osłony						
4.1	RHDPEp160 Osłona rurowa do układania metodą: przecisku mechanicznego lub przewiertu sterowanego	-	m	☐	☐	☐	Dla kabli 110 kV
4.2	RHDPEp 160 Osłona rurowa do układania metodą przecisku mechanicznego	-	m	☐	☐	☐	Dla kabli 110 kV
4.3	RHDPE 160 Osłona rurowa do układania w wykopie otwartym, dwuścienna: karbowana ścianka zewnętrzna i gładka wewnętrzna.	-	m	☐	☐	☐	Dla kabli 110 kV
4.4	RHDPE 160 Osłona rurowa do układania w wykopie otwartym łączona za pomocą złączek	-	m	☐	☐	☐	Do osłony krzyżowanych kabli el-en. i telekom.
4.5	RHDPEd 160 Osłona rurowa gładkościenna do układania w wykopie otwartym dzielona.	-	m	☐	☐	☐	
4.6	Folia ostrzegawcza perforowana czerwona o szer. Od 20 do 50 cm i grubości min 0,5 mm z napisem „UWAGA! KABEL 110 kV”	-	m	☐	☐	☐	
4.7	Studnia SKR-2 klasy A 15 kN z pokrywą żeliwno-betonową	-	szt.	☐	☐	☐	Dla linii kablowej 110 kV
4.8	Płyta betonowa 500x500x50 mm.	-	szt.	☐	☐	☐	
4.9	Betonit	-	m ³	☐	☐	☐	
4.10	Płuczka bentonitowa	-	m ³	☐	☐	☐	
5	Oznaczniki						
5.1	Oznacznik kablowy	-	szt.	☐	☐	☐	
5.2	Betonowy oznacznik trasy kabla z literą „K”	-	szt.	☐	☐	☐	
5.3	Betonowy oznacznik lokalizacji mufy z literą „M”	-	szt.	2	☐	☐	
5.4	Taśma kablowa TKW 70/9 do układania kabli w wiązkach trójkątnych	-	szt.	☐	☐	☐	Mocowanie co 1,0 m

6	Nawierzchnie					
6.1	Ziemna - dł. wykopum szer. 1,0 m	-	m ²	☐	☐	☐
6.2	Asfaltowa - dł. wykopum szer. 1,0 m	-	m ²	☐	☐	☐
6.3	Przekop próbny o wymiarach 4 m x 1 m x 1,4	-	szt.	☐	☐	☐
6.4	Ziemia z wykopów do utylizacji	-	m ³	☐	☐	☐